



Parámetros fisicoquímicos de las aguas de 48 fuentes naturales del Montseny oeste - Alto Congost y su comparación con las aguas del Montseny norte

Se realiza un muestreo del agua de las 48 fuentes principales del oeste del macizo del Montseny, en la comarca de Osona y el Alto Congost, para realizar el análisis de parámetros fisicoquímicos y elementos como pH, conductividad, cloruro, bicarbonato: disueltos, sulfatos, nitratos, dureza, calcio, magnesio, sodio, potasio y flúor. Según los métodos estándar, se ha llevado a cabo un control de calidad externo y se ha hecho el balance iónico para ver el porcentaje de error en el análisis. Con los resultados se ha caracterizado cada una de las aguas: de mineralización media en general, bicarbonatado-cálcicas. Los resultados se comparan con los valores encontrados en el análisis del agua de 100 fuentes del Montseny norte (Tecnoaqua, núm 25, mayo-junio 2017), y se concluye que la composición mineral es parecida, pero el grado de mineralización y el contenido en nitratos de las aguas del Montseny es más alto en el oeste que en el norte.

Palabras clave

Agua, fuente, mineralización, nitrato, Montseny oeste, Montseny norte.

ANALYSIS OF PHYSICAL AND CHEMICAL WATER PARAMETERS FROM 48 MAIN SOURCES OF WEST MONTSENY - ALTO CONGOST AND COMPARISON WITH MONTSENY NORTH WATERS

A sampling of water from the 48 main sources of the west Montseny in the region of Osona and Alt Congost, to perform the analysis of parameters physical and chemical and elements such as pH, conductivity, chloride, bicarbonate, total hardness, sulfates, nitrates, calcium, magnesium, sodium, potassium and fluorine. According to the standard methods, an external quality control between laboratories has been carried out and the ion balance has been made to see the error percentage in the analysis. With the results found, each of the waters has been characterized: average mineralization in general, with majority content of bicarbonate and calcium ions. The results are compared with the values found in the water analysis of 100 sources of the northern Montseny (Tecnoaqua, nº 25, May-June 2017), and it is concluded that the mineral composition is similar, but the degree of mineralization and the nitrate content of the Montseny waters is higher in the west than in the north.

Keywords

Water, source, mineralization, nitrate, west Montseny, north Montseny.

Fortià Prat

licenciado en Farmacia por la Universitat de Barcelona, máster en Ciencia y Tecnología del Agua por la Universitat de Girona, investigador de la evolución de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas, profesor colaborador UVic-UCC

Óscar Farrerons Vidal

arquitecto, doctor en Ingeniería Multimedia, profesor de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), subdirector del departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la UPC, investigador de las fuentes del Montseny, miembro del Grupo de Investigación en Ingeniería de Proyectos, especialidad Agua y Sostenibilidad



1. INTRODUCCIÓN

Las aguas del Montseny oeste se dirigen al Mediterráneo principalmente a través del río Congost. Este río, cuyo límite septentrional de su cuenca se encuentra en Balenyà, se carga por las aguas de torrentes tributarios que se llenan a partir de una gran cantidad de fuentes (**Figura 1**). Entre los principales torrentes destacan la Riera de l'Afrau (Riera de Martinet) y la Riera del Pujol (Riera de l'Avencó cuando llega al Congost) por el lado del Montseny; la Riera de la Llavina por Centelles; y el torrente de l'Oller y torrente de Valldaneu por Sant Martí de Centelles. Así mismo, parte de las fuentes analizadas de Seva y parte del Brull desaguan al norte hacia el río Gurri (después al Ter dirección al Mediterráneo).

El clima de la zona de estudio es Mediterráneo Continental con veranos generalmente frescos, inviernos más bien largos y fríos, con una primavera corta y un largo otoño. Este ámbito de estudio presenta diversidad de altitudes y constitución. La geología va del terciario eoceno del fondo de la Plana de Vic con calcáreas micríticas y dolomías, al triásico del sector del Brull con alternancia de areniscas silíceas y arcillas, y al paleozoico con pizarras micácicas y pizarras arenosas hacia el ámbito de Coll Formic (**Figura 2**). Resalta la variedad del bosque, que va de los pinares, robledales y encinares de las partes más bajas, hasta los hayedos, enebros y matorrales de las partes culminantes. La media pluviométrica de la zona está en los 700 mm anuales (Parella, 1991; Xarxa Meteorològica d'Osona, 2018) con una distribución muy similar en las cuatro estaciones.

El poblamiento humano del ámbito de la investigación se concentra alrededor de la carretera C-17, sobre todo en la localidad de Centelles,

FIGURA 1. Fuente dels Balços, Aiguafreda (Foto: Farrerons).

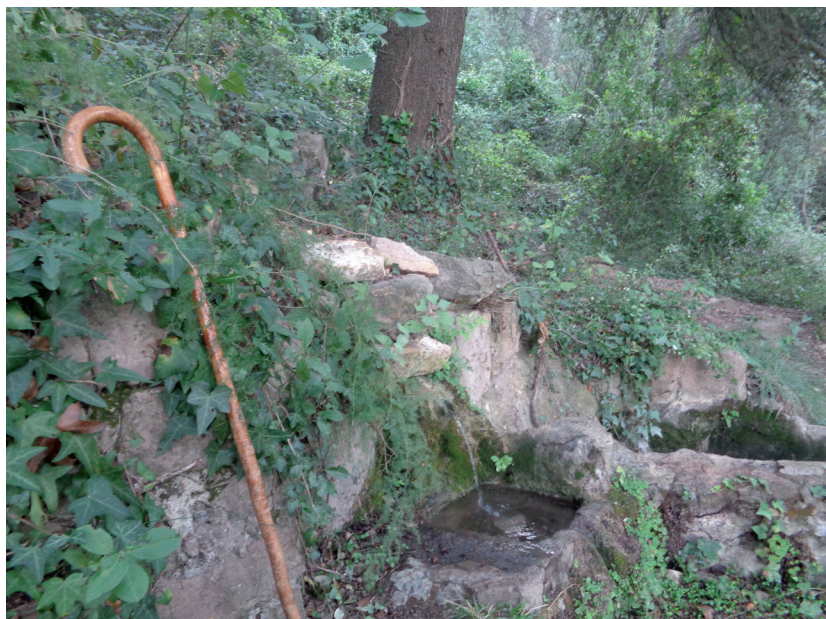
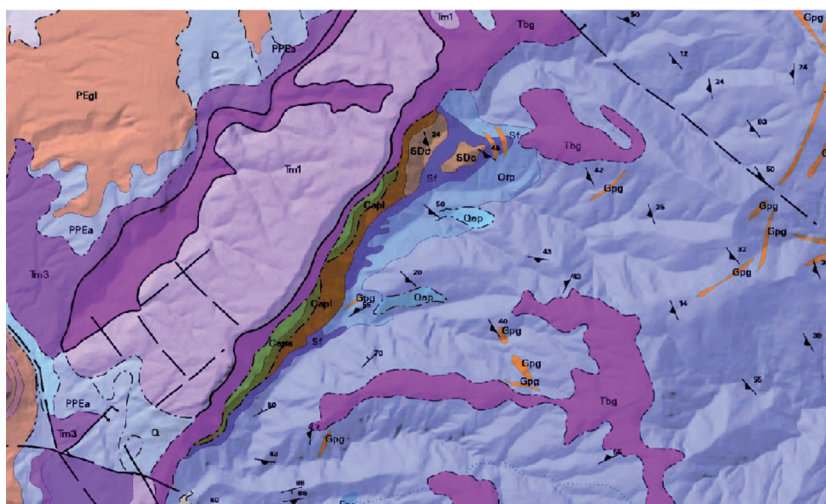


FIGURA 2. Geología del Montseny oeste. Fuente: ICGC.



con casi 7.500 habitantes, el barrio de l'Abella de Sant Martí de Centelles, el núcleo urbano de Aiguafreda, y localmente el pueblo de Seva.

2. OBJETIVOS

Hay una falta histórica de información sobre la calidad de las aguas que manan de las fuentes del Montseny oeste (Gallart, 2003). Este artículo pretende analizar mineralógicamente 48 fuentes del Montseny oeste y el Alto Congost en un ámbito de unos 65 km² que cubren los

municipios de Seva, el Brull, Balenyà, Centelles, Sant Martí de Centelles y Aiguafreda, para detectar la relación que se produce entre las composiciones minerales de las aguas, su altitud y su situación geográfica, ver si hay diferencias a ambos lados del río Congost, y establecer correlaciones entre los parámetros analizados. También se pretende comparar las características minerales de las aguas de estas fuentes con las del Montseny norte (Prat, 2017) y sacar conclusiones sobre sus diferencias.

3. METODOLOGÍA

La selección de las fuentes analizadas ha sido en función de cubrir la mayor parte del terreno de estudio, independientemente de que algunas de las fuentes no desaguan en la cuenca del Congost. En el plano googlemaps titulado 'Anàlisi mineralògica de les fonts del Montseny Oest', consultable en internet, se puede apreciar todas las fuentes visitadas para realizar el estudio, diferenciando entre las que ha sido viable tomar la muestra de agua y aquellas en que esto ha sido imposible por estar la fuente seca en el momento de las visitas durante el periodo del trabajo de campo. Se ha escogido alguna muestra de agua de fuente situada en ámbito urbano como complemento de la mayoría de fuentes naturales.

Para tomar las muestras de agua de las fuentes se han utilizado botellas de 50 cL de agua mineral. A pesar de que las botellas no eran estériles, se enjuagaron por lo menos tres veces con el agua de la fuente antes de tomar la muestra. Cada fuente con su nombre y el número de referencia se guardó refrigerada y se transportó en un plazo máximo de una semana al laboratorio que realizó el análisis. La determinación de pH, conductividad, alcalinidad y nitratos, se hizo dentro de las 24 horas y el resto de los parámetros en 4-5 días máximo. Dado que el estudio es una referencia para los minerales, esta metodología garantiza resultados correctos de las muestras. Para asegurar la calidad de los análisis, se participa en ejercicios de intercomparación de resultados, organizados por entidades acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) como laboratorio de ensayo. Todos los resultados analíticos tuvieron un

TABLA 1

PARÁMETROS, MÉTODOS ANALÍTICOS UTILIZADOS Y Z-SCORE EN LOS EJERCICIOS DE INTERCOMPARACIÓN DE RESULTADOS.

Parámetro	Método	Standar Methods	Z-score
pH	Electrometría	SM 4550 H ⁺ B	1,04
Conductividad a 20 °C	Electrometría	SM 2510 B	-0,42
Alcalinidad	Volumetría. Ácido-base	SM 2320 B	-0,10
Cloruros	Volumetría. Argentometría	SM 4500-Cl ⁻ B	-0,46
Sulfatos	Turbidimetría	SM 4500-SO ₄ ²⁻ E	-0,50
Nitratos	Espectrofotometría UV	SM 4500-NO ₃ ⁻ B	-0,43
Dureza total	Volumetría. Complejometría	SM 2340C	0,31
Calcio	Volumetría. Complejometría	SM 3500-CaD.	-0,24
Magnesio	Cálculo	SM 3500-Mg E	0,94
Sodio	Fotometría de flama	SM 3500-Na D	-0,90
Potasio	Fotometría de flama	SM 3500-K D	-1,2
Fluoruro	Espectrofotometría Vis	SM 4500-F ⁻ D	0,38

Z-score <2, satisfactorio (norma ISO 13528:2005). Los métodos analíticos utilizados y el Z-score se muestran en la **Tabla 1**.

La calificación de las aguas se ha hecho usando el diagrama de Piper y el balance iónico se ha realizado para evaluar que el análisis se ha realizado correctamente. La interpretación de los resultados, dependiendo de la geología se ha hecho con mapas del Instituto Cartográfico y Geológico de Catalunya (ICGC).

4. RESULTADOS

En la composición química de las aguas subterráneas, el factor decisivo es su capacidad para interactuar con la roca. Su oportunidad de disolver materiales se debe a su prolongado contacto con las formaciones geológicas a través de las cuales se desplaza, a la presencia de dióxido de carbono (CO₂) y oxígeno (O₂) disuelto en el agua, y a la lenta velocidad con que se mueven.

Por esta razón es tan importante no solo la litología de los materiales excavados por las aguas subterráneas, sino también el grado de desarrollo y usos del suelo en la zona de carga y su interacción con la infiltración de agua. Otro factor muy importante en el grado de mineralización de las aguas es, a la vez, el tiempo que ha estado en contacto con una particular formación geológica o, lo que es usualmente equivalente, la distancia de la zona donde el agua se ha infiltrado en el campo de la fuente o la zona de recarga y hasta el área de descarga.

El grado de mineralización del agua viene determinado por la concentración total de iones disueltos indicado, básicamente, por la conductividad eléctrica a 20 °C y de forma individual por las concentraciones de los principales iones: HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺. En la **Tabla 2** se exponen los valores máximos, mínimos y promedio de los



TABLA 2

VALORES MÍNIMOS, MÁXIMOS Y PROMEDIO DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS Y ALTITUD DE LA FUENTE.

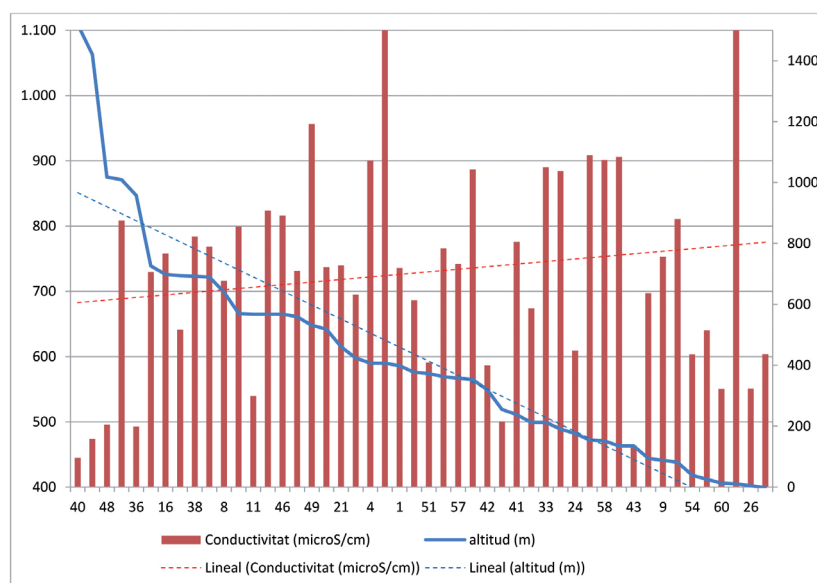
Parámetro	Vmín.	Altitud fuente (m)	Vmáx.	Altitud fuente (m)	Promedio
pH (unid. pH)	6,80	463 Vern	8,05	499 Casanova St. Miquel	7,46
Conductividad (microS/cm)	96	1.109 Sot del Rector	1929	405 Pinós	705
Bicarbonatos (mg/L)	57,9	463 Vern	586,8	648 Femades	354,2
Cloruros (mg/L)	4,3	875 Clot	358,6	405 Pinós	43,5
Sulfatos (mg/L)	1,4	1.109 Sot del Rector	172,4	590 Forn Rovira	56,8
Nitratos (mg/L)	0,0	665 Musclo	333,2	590 Forn Rovira	32,2
Dureza total (°TH)	4,9	1.109 Sot del Rector	84,0	590 Forn Rovira	37,8
Calcio (mg/L)	12,4	1.109 Sot del Rector	244,5	590 Forn Rovira	109,4
Magnesio (mg/L)	4,4	1.109 Sot del Rector	55,9	590 Forn Rovira	27,1
Sodio (mg/L)	3,7	875 Clot	210,5	405 Pinós	21,2
Potasio (mg/L)	0,4	598 Fresca	17,4	724 Muntanyà	3,5

parámetros analizados, y la altitud de la fuente, de los valores encontrados. En las **Figuras 3, 4 y 5** se puede observar la relación de los parámetros analizados, más importantes, dependiendo de la altitud donde se ubique la fuente. Una vez destacadas las excepciones, se pueden observar las formaciones geológicas por las que puede circular el agua y un mapa de los usos del suelo para detectar posibles focos contaminantes.

4.1. CONDUCTIVIDAD A 20 °C. MINERALIZACIÓN GLOBAL

La medida de la conductividad permite evaluar de forma rápida y aproximada la mineralización global del agua y seguir la evolución. El valor paramétrico según RD 140/2003 de las aguas de consumo humano es de 2.500 mcS/cm. El promedio de todas las fuentes es de 705 microS/cm. Mineralización media-alta.

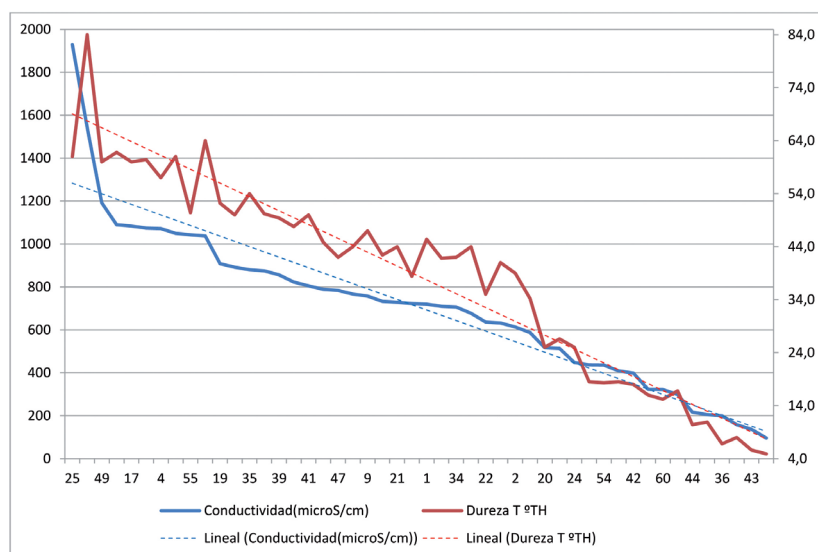
Las fuentes que tienen un valor más alto en conductividad se sitúan en el municipio de Centelles, de altitud entre 400 y 600 m y todas ellas superan el valor de 1.000 mcS/cm. Por el contrario, los manantiales

FIGURA 3. Relación y tendencias entre la conductividad y la altura de la fuente (n = 85).


de agua que tienen los valores más bajos de conductividad, entre 96 y 500 mcS/cm, pertenecen a los municipios de Seva, El Brull, Aiguafreda y Tagamanent, de alturas muy variables, entre 450 y 1.109 m, lo que indica, a diferencia del Montseny norte, que la mineralización está en función, además de la altitud, de la situación de la fuente.

La **Figura 3** muestra la relación lineal inversa entre la conductividad y la altitud de las fuentes, a altitudes más bajas, más conductividad, aunque en menor medida de lo que pasaba en el estudio de las fuentes del Montseny norte, y con gran variabilidad, lo que hace pensar que no es una relación tampoco demasiado consolidada.

FIGURA 4. Relación y tendencias entre la conductividad y la dureza del agua de la fuente (n = 48).



4.2. DUREZA TOTAL

La dureza es la característica del agua que está relacionada con el contenido en disolución de cationes metálicos no alcalinos, básicamente alcalinoterreos, cationes calcio y magnesio. El valor promedio de la dureza del agua de las 48 fuentes analizadas es de 37,8 ° TH. Son aguas duras. Las fuentes naturales que tienen el agua con mayor dureza son: Forn de la Rovira (84,0) i Pinós (61,0) en Centelles. Las fuentes con menos dureza (<10 ° TH) son Faig, Sot del Rector i Sant Martí en el Brull y Vern en Tagamanent. Se puede observar que existe una relación lineal entre las fuentes con aguas más duras y las que tienen mayor conductividad, como se muestra en **Figura 4** de todas las fuentes analizadas. La excepción es la fuente de Pinós (nº25) con valor de cloruros (358,6) y sodio (210,5) muy altos.

4.3. NITRATOS

Los nitratos presentes en las aguas de las fuentes naturales pueden tener su origen en la disolución de las rocas que lo contienen, caso raro, o por oxidación bacteriana de la materia

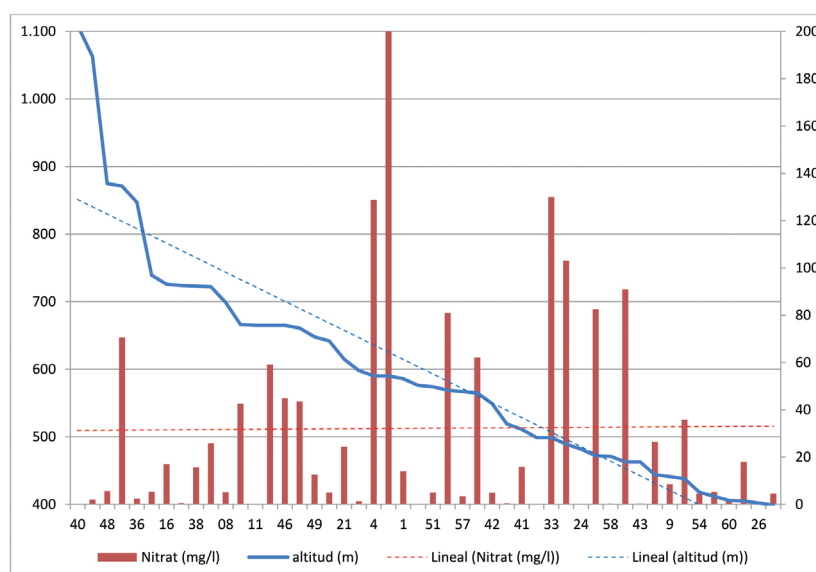
orgánica vegetal que existe en el suelo. Se considera que hasta 10 mg/L, los nitratos pueden ser de origen natural. Concentraciones más altas son debidas normalmente al uso excesivo de fertilizantes en la agricultura o a una gestión deficiente de las aguas residuales domésticas o ganaderas. Según RD 140/2003 cuando el valor es mayor de 50 mg/L el agua no es apta para consumo humano.

Las fuentes con mayor concentración de nitratos (>100 mg/L) son: Forn Rovira (333,2), Saleta (130,0), Calenta (128,8) y Grossa (103,0), en el municipio de Centelles, todas ellas en áreas de influencia humana, ya sea porque hay actividad agrícola y ganadera en el área de drenaje de estas fuentes o cercanas a núcleos habitados.

De las 48 aguas de fuente analizadas, 23 superan los 10 mg/L y de ellas, 10, tienen concentraciones superiores a 50 mg/L. En todos los casos su situación es cercana a zonas de actividad agrícola. Hay que tener presente que en los municipios de Centelles y Seva, donde se encuentran la mayoría de estas fuentes, más del 25% de la superficie es de uso agrícola.

El otro problema de los nitratos en aguas subterráneas, procedentes de fertilizantes orgánicos aplicados a cultivos, o de aguas residuales domésticas o ganaderas, es que pueden llevar asociada una importante carga microbiológica que puede llegar a la fuente de agua y poner en peligro la salud de la población con-

FIGURA 5. Relación y tendencias entre la concentración de nitrato y la altura de la fuente (n = 48).





sumidora. En el **Figura 5** se observa que no existe correlación lineal entre la altura y el contenido de nitratos.

En la **Figura 6** se observa la situación de la fuente del Forn de la Rovira, 333,2 mg/L, en zona de cultivos agrícolas con la pendiente y dirección de las aguas. En la **Figura 7** se puede observar el suelo agrícola (rosado claro) del municipio de Centelles, y la localización de las fuentes, al otro lado del río Congost y con valores altos de nitratos.

4.4. COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS. DIAGRAMAS DE PIPER

Los diagramas de Piper del agua de las fuentes del Montseny oeste (**Figura 8**) definen que son mayoritariamente de composición mineral bicarbonatado-cálcicas, excepto las fuentes de Pinós y Sant Martí del Brull, con predominio además de iones cloruro y sodio. Se observa también que algunas de las fuentes del municipio de Aiguafreda (Abadessa, Saní, Casanova Sant Miquel, Enamorats) tienen valores relativamente altos de magnesio (>50 mg/L) y el cociente Ca/Mg menor que el resto de las fuentes. El error en el balance iónico, en todas las muestras está entre +/-5%.

4.5. CORRELACIONES

Una vez realizados todos los análisis y su estudio, se puede considerar que no existe correlación manifiesta entre altura, mineralización del agua y parámetros analizados. Las correlaciones más significativas entre los parámetros y que confirman la composición mineral de las aguas del Montseny Oeste, son: la conductividad con la dureza, bicarbonato y calcio. También empieza a ser significativa la correlación conductividad/nitratos, característica de las fuentes de la Plana de Vic.

FIGURA 6. Situación de la fuente del Forn de la Rovira en zona agrícola y dirección de la pendiente.



FIGURA 7. Mapa de usos del suelo y situación de las fuentes del municipio de Centelles, margen oeste del río Congost y valor de nitratos (mg/L).



FIGURA 8. Diagramas de Piper del agua de las fuentes del Montseny oeste.

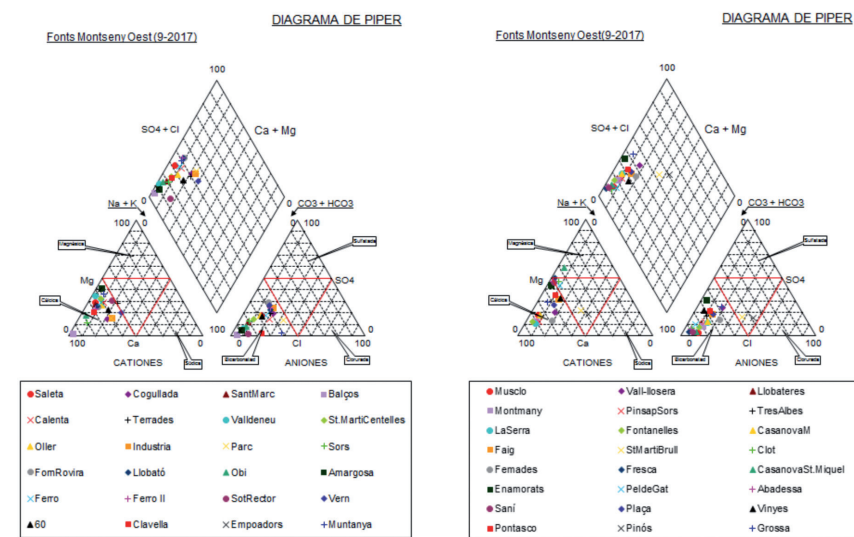


TABLA 3

FACTORES DE CORRELACIÓN ENTRE LA ALTURA Y LOS PARÁMETROS ANALIZADOS Y ENTRE ELLOS MISMOS (N = 48).

PARÁMETROS	Altura	pH	Conduc.	Bicarbonato	Cloruro	Sulfato	Nitrato	Dureza	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio
Altura		-0,1411	-0,2831	-0,1746	-0,2236	-0,4135	-0,0701	-0,2349	-0,1592	0,3000	-0,2370	-0,0821
pH	-0,1411		-0,2855	-0,1618	-0,1565	-0,3057	-0,3521	-0,2540	-0,3842	0,0163	-0,1465	0,1632
Conductividad	-0,2831	-0,2855		0,8010	0,7356	0,7822	0,5852	0,9081	0,8782	0,6578	0,6476	0,3978
Bicarbonato	-0,1746	-0,1618	0,8010		0,3466	0,4136	0,2974	0,8680	0,8358	0,6655	0,2343	0,2127
Cloruro	-0,2236	-0,1565	0,7356	0,3466		0,5963	0,1792	0,4601	0,4282	0,3161	0,9516	0,6752
Sulfato	-0,4135	-0,3057	0,7822	0,4136	0,5963		0,6043	0,6973	0,6577	0,5246	0,5581	0,2201
Nitrato	-0,0701	-0,3521	0,5852	0,2974	0,1792	0,6043		0,6291	0,6297	0,3962	0,1361	-0,0920
Dureza	-0,2474	-0,2921	0,9280	0,8975	0,4502	0,7059	0,6394		0,9021	0,7394	0,3251	0,2250
Calcio	-0,1592	-0,3842	0,8782	0,8358	0,4282	0,6577	0,6297	0,9437		0,4430	0,3087	0,1469
Magnesio	-0,3000	0,0163	0,6578	0,6655	0,3161	0,5246	0,3962	0,7145	0,4430		0,2286	0,2604
Sodio	-0,2370	-0,1465	0,6476	0,2343	0,9516	0,5581	0,1361	0,3252	0,3087	0,2286		0,5422
Potasio	-0,0821	0,1632	0,3978	0,2127	0,6752	0,2201	-0,0920	0,2100	0,1469	0,2604	0,5442	

TABLA 4

VALORES MEDIOS Y COMPARATIVA DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL AGUA DE LAS FUENTES NATURALES PARA MONTSENY NORTE (N = 100) Y MONTSENY OESTE (N = 48).

Parámetros	Altura (m)	pH (Ud. pH)	Conductiv. (microS/cm)	Bicarbonato (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Nitrato (mg/L)	DurezaT (°TH)	Calcio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Sodio (mg/L)	Potasio (mg/L)
Comparativa de valores analizados para Montseny norte y Montseny oeste												
Valor medio oeste	598	7,46	705	354,2	43,5	56,8	32,2	37,8	109,4	27,1	21,2	3,5
Valor medio norte	964	7,06	191	94,9	9,8	10,6	5,1	8,4	25,7	4,8	10,7	1,2
Mín. - máx. oeste	399 - 1.109	6,80 - 8,05	96 - 1.929	57,9 - 586,8	4,3 - 358,6	1,4 - 172,4	0,0 - 333,2	4,9 - 84,0	12,4 - 244,0	1,9 - 55,9	3,7 - 210,5	0,2 - 17,4
Mín. - máx. norte	628 - 1.601	5,70 - 9,50	26 - 719	10,9 - 439,8	1,4 - 61,1	1,7 - 49,5	0,0 - 47,6	0,8 - 36,0	2,4 - 117,8	0,5 - 16,0	1,8 - 99,4	0,0 - 4,9
Comparativa de valores analizados para Montseny norte y Montseny oeste para la misma altura: 628 - 1.109 metros												
Valor medio norte	861	7,30	238	118,9	12,2	12,9	6,3	10,6	32,6	5,9	13,2	1,5
Valor medio oeste	746	7,40	638	363,8	35,3	34,5	19,2	34,6	109,7	21,3	14,5	3,7

» La principal diferencia entre las aguas de las fuentes naturales del Montseny norte y las del Montseny oeste es la mineralización global, mucho mayor en el oeste que en el norte, de proporción aproximada 4:1. Ello se debe a las diferentes formaciones geológicas por las que circula el agua y a las actividades antrópicas de la parte más baja del Montseny oeste



En la **Tabla 3** figuran los factores de correlación entre cada uno de los parámetros analizados, teniendo en cuenta que la correlación es más significativa cuando más cercano a +1 y -1. Se han marcado en color amarillo estas correlaciones de +/- 0,5, que puede ser considerado más importante, y en naranja > 0,9 que caracterizan el agua.

4.6. DIFERENCIAS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS DE LAS FUENTES DEL MONTSENY NORTE Y OESTE

En la **Tabla 4** se observa que la mineralización es mucho mayor en el oeste que en el norte, proporción aproximada 4:1. La composición mineral es la misma y en los iones mayoritarios bicarbonato y calcio, la proporción se mantiene 4:1. La mayor diferencia está en el valor de nitratos, lo que certifica la mayor actividad agrícola del Montseny oeste, sobre todo en el margen derecho del río Congost, en el municipio de Centelles.

Para la misma altura, la diferencia entre oeste y norte también es notable, disminuyendo la proporción para la conductividad, bicarbonato y calcio a 3:1. Esto indica que, aunque la altitud es un factor que influye en la mineralización del agua, lo determinante son las formaciones geológicas por donde circula el agua: rocas ígneas en el norte y más abundancia de calcáreas en el oeste, además de las actividades antrópicas de sus partes más bajas.

5. CONCLUSIONES

En general las fuentes del Montseny oeste son de mineralización media-alta, bicarbonatadas y cálcicas, con concentraciones alrededor de los 350 mg/L de bicarbonato y 109 mg/L de calcio, que justifica las ca-

racterísticas geológicas de esta parte del Montseny, más rica en rocas calcáreas, lo que le confiere una dureza y facies bicarbonatada cálcica en el acuífero.

No existe correlación con la altura (< -0,5). En cambio sí que hay correlación (> 0,9) entre dureza, conductividad, bicarbonatos y calcio en las aguas del Montseny oeste, y que determinan su composición.

Los valores de pH > 6,8, de origen natural, con mineralización media-alta, confieren a estas aguas tendencias incrustantes.

Se observa también que algunas de las fuentes del municipio de Aiguafreda, tienen valores relativamente altos de magnesio (>50 mg/L) y el cociente Ca/Mg menor que el resto de las fuentes.

De las 48 aguas de fuente analizadas, 23 superan los 10 mg/L de nitratos y, de ellas, 10 tienen concentraciones superiores a 50 mg/L (valor paramétrico RD 140/2003). Están ubicadas en zonas de influencia humana y actividad agrícola. La mayoría en el municipio de Centelles, margen derecho del río Congost.

La principal diferencia entre las aguas de las fuentes naturales del Montseny norte y las del Montseny oeste es la mineralización global, mucho mayor en el oeste que en el norte, de proporción aproximada 4:1. Ello se debe a las diferentes formaciones geológicas por las que circula el agua y a las actividades antrópicas de la parte más baja del Montseny oeste.

El hecho de realizar un ejercicio de intercomparación de resultados garantiza su fiabilidad, como lo demuestran los valores Z-score y los porcentajes de error del balance iónico, ya que la mayor garantía de calidad en el control analítico se deriva de la comparación de los resultados

obtenidos a través de ejercicios interlaboratorios, de su historial y el uso de la muestra certificada como control interno.

Bibliografía

- [1] Baeza Rodríguez-Car, J.; Durán, J.J.; Cuchí, J.A. (2001). Aspectos geológicos e hidrogeológicos de las aguas minerales en España. IGME.
- [2] Carmona, J.M.; Font, X.; Bisbal, E.; Casas, A. (1999). Característiques hidrogeoquímiques de les aigües subterrànies i superficials del Montseny. Monografies, núm. 27, Diputació de Barcelona. <http://parcs.diba.cat/documents/155678/7a8419e8-2648-45ec-be1b-5e13009d2c2a>.
- [3] Farrerons Vidal, O.; Prat, F. (2017). Plano googlemaps 'Anàlisi mineralògica de les fonts del Montseny Oest (Osona)'. Viladrau. <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1TyPB0pHAeaN3YgddaQvMbuCLpG8&ll=41.78366626718336%2C2.258210616302449&z=13>.
- [4] Farrerons Vidal, O.; Prat, F. (2017). Anàlisi mineralògica de les fonts del Montseny nord. AUSA, vol. 27, núm. 128, pàgs. 693-719. <http://www.raco.cat/index.php/Ausa/issue/view/25082/showToc>.
- [5] Farrerons Vidal, O.; Pagespetit, L. (2016). El Montseny. 51 passejades per descobrir. 1a ed. Sant Vicenç de Castellet: Farell (Llibres de Muntanya, 44).
- [6] Gallart, M.; Jiménez, N.; Montijano, V.; Olivé, M.; Ros, A. (2003). Diagnosi ambiental i historicocultural de les fonts més representatives del Parc Natural del Montseny. Monografies, núm 30, Diputació de Barcelona, http://81.47.175.201/montseny/attachments/article/30/diagnosi_ambiental_fonts.pdf.
- [7] López-Geta, J.A.; Fornes Azcoiti, J.M.; Ramos González, G.; Villaroya Gil, F. (2009). Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo. IGME.
- [8] REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Ministerio de Presidencia, Gobierno de España, Madrid, <http://www.boe.es/boe/dias/2003/02/21/pdfs/A07228-07245.pdf>.
- [9] Pagespetit Blancafort, L. 111 Fonts de Montseny i molts indrets per descobrir. Ed Farell. Llibre de Muntanya, 5. ISBN 84-95695-18-9. Diputació de Barcelona. Diputació de Girona.
- [10] Prat, F.; Farrerons Vidal, O. (2017). Anàlisi de paràmetres fisicoquímics de les aigües de 100 fonts naturals del Montseny nord. Tecnoaqua, núm. 25, pàgs. 36-45. <https://www.tecnoaqua.es/kiosco/revista25/visor>.
- [11] Prat, F.; Oliveras, J.; Torrecana, E. (2011). Evolució dels nitrats analitzats a l'aigua de 87 fonts situades en 28 municipis de la comarca d'Osona. AUSA, vol. 25, núm.168, pàg. 252
- [12] Parella i Codina, M. (1991). Els règims pluviomètrics d'Aiguafreda, Centelles, La Garriga i Balenyà, comparats. Monografies del Montseny, núm. 6 pàgs. 71-82.
- [13] Xarxa Meteorològica d'Osona. Pluviometria mensual per municipis.